

$$u_\tau - u_{xx} + \sin u - \beta_1/V_1 \cdot \sin(u - v) = 0$$

$$v_\tau - k_2 \gamma_1/k_1 \gamma_2 \cdot v_{xx} + \gamma_1 V_2/\gamma_2 V_1 \cdot \sin v - \beta_2 \gamma_1/V_1 \gamma_2 \cdot \sin(v - u) = 0.$$

Единица времени для этой системы уравнений  $\sim 10^{-10}$  с, единица пространственного масштаба  $\sim 10^{-9} \dots 10^{-8}$  м. При «традиционном» же обезразмеривании единица времени  $\sim 10^{-12}$  с, единица пространственного масштаба такая же, т.е.  $\sim 10^{-9} \dots 10^{-8}$  м. Таким образом, учёт трения в рассматриваемой модели позволяет моделировать процессы на временах, на два порядка больших, чем в модели без трения.

Система типа «реакция-диффузия» допускает решения в виде «бегущего фронта» (кинка). Нами была разработана и отлажена программа численных расчётов и по ней получены графики движения кинка в зависимости от начальных данных.

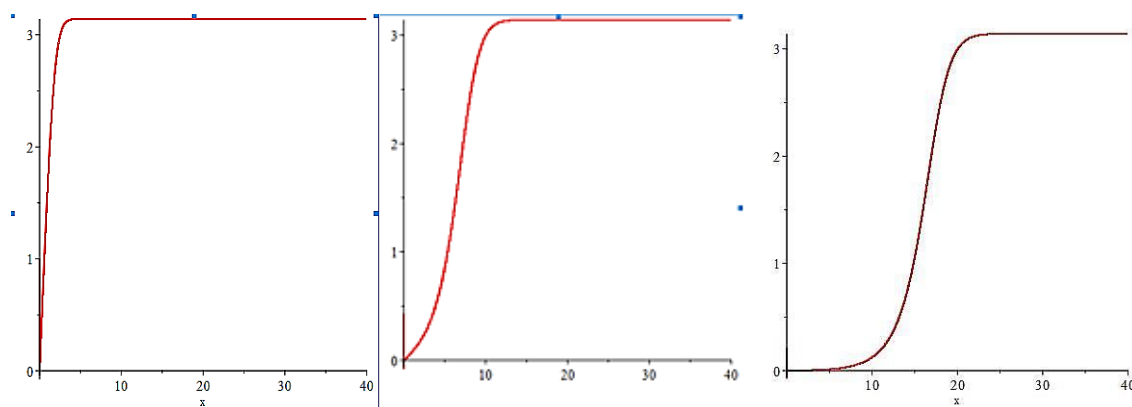


рис. 1. Динамика движения кинка в модели ДНК в вязкой среде

Список публикаций:

- [1] S.W. Englander, N.R.Kallenbach, A.J. Heeger, A. Litwin *Nature of the open state in long polynucleotide double helices possibility of soliton excitations* // PNAS USA 77, 1990-P. 7222- 7220
- [2] Якушевич Л.В. *Нелинейная физика ДНК*. // М.: Ижевск: ИИИЦ «РХД» 2007. 252с.
- [3] Watson J.D. et al. *Molecular Biology of the Gene*. – Pearson. 2004. 755 pp.

## Изучение и сравнение электропроводности коротких олигонуклеотидов типа dA, dT и dC методом сканирующей туннельной спектроскопии

**Салимова Ильзина Хамидулловна**

*Башкирский государственный университет*

*Шаринов Талгат Ишмухамедович, к.ф.-м.н.*

[ilzina.salimova@mail.ru](mailto:ilzina.salimova@mail.ru)

В настоящее время внимание ученых привлекают исследования различных объектов методами сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). Например, принцип работы одного из этих методов СЗМ - сканирующей туннельной микроскопии (СТМ) - основан на явлении туннелирования электронов через узкий потенциальный барьер между металлическим зондом и проводящим образцом, который используется при изучении электропроводности различных материалов.

Одним из наиболее интересных с научной точки зрения объектов, связанных с электрической проводимостью, являются молекулы ДНК и олигонуклеотиды в частности [1]. Олигонуклеотиды – природные или синтетические олигомерные соединения, состоящие из немногих остатков нуклеотидов (мононуклеотидов), соединённых фосфодиэфирной связью [2]. Объектом исследования были олигонуклеотиды d(T)<sub>12</sub>, d(C)<sub>12</sub>, d(A)<sub>12</sub>, состоящие из двенадцати одинаковых звеньев тимина, цитозина и аденина соответственно. Некоторые результаты по олигонуклеотиду d(C)<sub>12</sub> были получены ранее [3].

В докладе будут представлены результаты исследования олигонуклеотидов d(T)<sub>12</sub>, d(C)<sub>12</sub> и d(A)<sub>12</sub>. В качестве проводящей поверхности использовалась подложка из высокоориентированного пиролитического графита (ВОПГ). На нее наносился рабочий раствор с концентрацией молекул олигонуклеотида в нем равной 2 нг/мкл. На *рисунке 1а* приведено СТМ-изображение поверхности ВОПГ с нанесенными на нее олигонуклеотидами d(T)<sub>12</sub>; площадь сканирования 250x250 нм<sup>2</sup>.

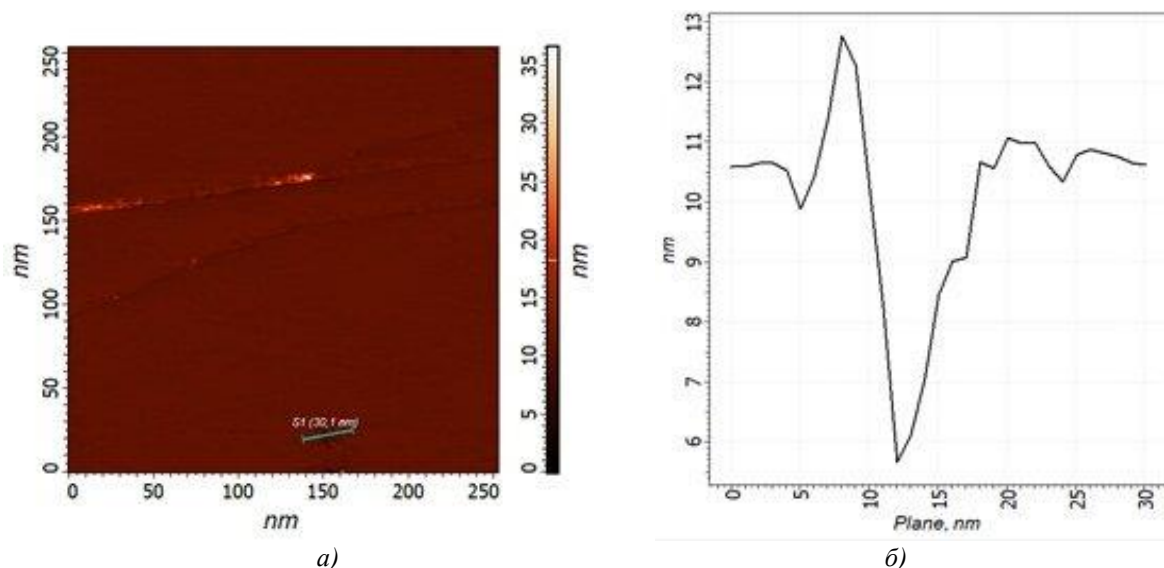


рис. 1. СТМ-изображение поверхности ВОПГ с нанесенными олигонуклеотидами  $d(T)_{12}$  (а) и профиль сечения кластера олигонуклеотида (б).

На СТМ-изображении наблюдаются кластеры олигонуклеотидов. Выполнили сечение кластера по линии, указанной на рисунке 1б. Как видно из профиля сечения, размеры кластера составляют в ширину около 4 нм, в высоту - около 4,5 нм.

После получения ряда СТМ-изображений мы измеряли вольт-амперные характеристики, которые представляли собой зависимости силы туннельного тока через олигонуклеотиды от величины приложенного напряжения между подложкой и острием зонда СТМ. Кривая ВАХ представлена на рисунке 2.

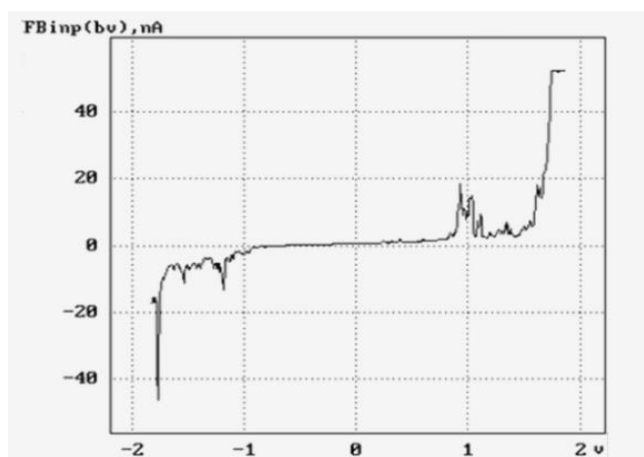


рис. 2. Вольтамперная характеристика олигонуклеотида  $d(T)_{12}$ .

Измерение ВАХ происходило на темных участках СТМ-изображения, где предположительно и находятся олигонуклеотиды либо образованные ими кластеры.

Список публикаций:

- [1] Салимова И.Х., Шарипов Т.И. // Проблемы современного физического образования: сборник материалов V Всероссийской научно-методической конференции / отв. ред. Балапанов. М. Х. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. – с. 72-73.
- [2] Баев А.А. Молекулярная биология. СПб.: Наука, 1967. - 503 с.
- [3] Sharipov T.I., Garafutdinov R.R., Amangulova I.T., Bakhtizin R.Z. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. V. 699 №1. 012045.